



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) EP 0 942 530 A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
15.09.1999 Bulletin 1999/37

(51) Int Cl.⁶: H03H 17/02, H03H 17/06

(21) Numéro de dépôt: 99200615.5

(22) Date de dépôt: 03.03.1999

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Etats d'extension désignés:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventeurs:
• Dujardin, Eric
75008 Paris (FR)
• Gay-Bellie, Olivier
75008 Paris (FR)

(30) Priorité: 10.03.1998 FR 9802910

(74) Mandataire: Charpall, François et al
Société Civile S.P.I.D.
156, Boulevard Haussmann
75008 Paris (FR)

(71) Demandeur: Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)

(54) Circuit processeur programmable muni d'une mémoire reconfigurable, pour réaliser un filtre numérique

(57) La mémoire prévue pour des données d'entrée (datain_B et datain_F) et pour des coefficients (w_in), est partagée en plusieurs parties et des moyens sont prévus pour regrouper des parties afin de s'adapter à des filtres différents.

Dans un mode de réalisation, la dimension totale

de la mémoire étant 2L, cette mémoire comprend six parties de dimensions respectives 2L/5, 4L/15, L/3, L/5, 2L/15, 2L/3, entre lesquels les données et coefficients sont répartis au moyen de multiplexeurs.

Applications : là où plusieurs filtres sont nécessaires, notamment dans des systèmes dits multimédia.

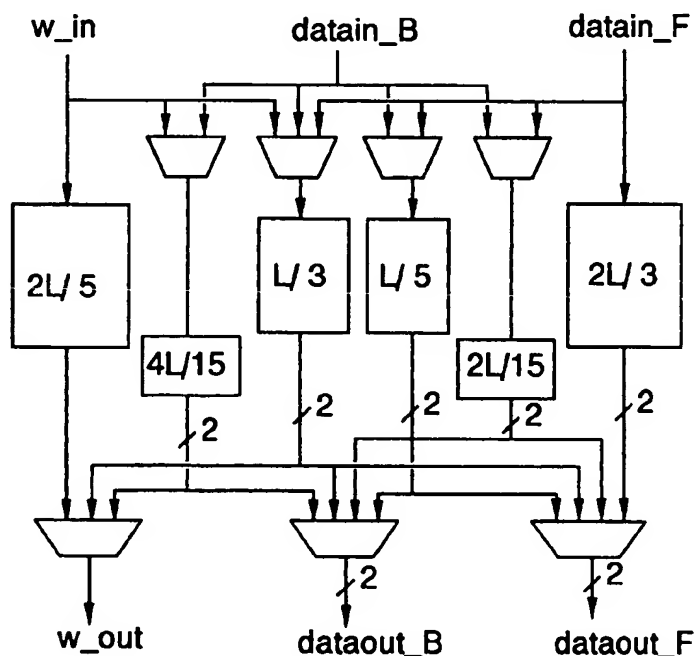


FIG. 4

EP 0 942 530 A1

BEST AVAILABLE COPY

Description

[0001] La présente invention concerne un circuit coprocesseur programmable destiné à être associé à un processeur principal pour constituer un filtre numérique, circuit comprenant au moins un élément processeur de filtrage contenant de la mémoire pour des données d'entrée et pour des coefficients, au moins un additionneur et un multiplieur dont une entrée est connectée à une sortie de résultat de l'additionneur et une autre entrée est connectée à une sortie de lecture de la mémoire de coefficients.

[0002] Un tel circuit est utilisé notamment dans des applications où plusieurs filtres sont nécessaires, telles que diverses applications dites "multimédia", par exemple pour réduire les interférences inter-symboles, pour changer le débit de données, ou pour réduire le bruit ajouté par un canal de communication.

[0003] Un filtre numérique comprend essentiellement une suite d'éléments entre lesquels sont prélevés des signaux qui sont traités, notamment multipliés par un coefficient et/ou additionnés, puis sont ré-injectés ailleurs. Pour réaliser des filtres numériques, on connaît trois voies :

- utiliser un processeur, du genre dit DSP, avec des algorithmes spécialisés de façon à constituer un filtre ; si cette voie offre une grande flexibilité, elle est par contre limitée du point de vue des performances des filtres, notamment en vitesse,
- utiliser des circuits spécialisés constituant directement des filtres ; cela permet de grandes performances mais conduit à développer de nombreux circuits différents,
- utiliser des circuits spécialisés, mais programmables ; cela procure un bon compromis entre les performances élevées des circuits spécialisés et la bonne flexibilité d'un DSP ; parmi les circuits spécialisés programmables, on distingue des filtres programmables à processeur, cela signifie qu'ils sont essentiellement constitués par un processeur DSP réduit au minimum requis par le processus mis en oeuvre dans un filtre. C'est la solution la plus intéressante.

[0004] Un circuit spécialisé programmable comprend des mémoires pour stocker des coefficients programmables. Il est en général configuré pour réaliser un type de filtre particulier : symétrique, demi-bande, d'interpolation, à décimation, adaptatif, complexe. Un circuit intégré pour un filtre programmable à processeur est connu de la demande de brevet Européen EP 0 454 050. Le circuit intégré selon ce document comprend un multiplieur et un additionneur, une mémoire pour le stockage de données et une mémoire de programme pour stocker ensemble les codes d'instructions et les valeurs de coefficients, et une mémoire pour des instructions lues dans la mémoire de programme, ce qui permet

d'exécuter une instruction tout en lisant de façon continue les valeurs de coefficients. Il comporte des mémoires séparées pour les données et pour les coefficients, de manière à ne pas être obligé de lire les données à un temps différent de celui auquel les coefficients sont lus.

[0005] Un objet de l'invention est de fournir un circuit programmable qui permette le multiplexage de différents types de filtres en utilisant de manière optimale la mémoire, même quand ils ont différentes exigences en matière de taille de mémoire pour stocker les données et les coefficients.

[0006] A cet effet, la mémoire des données d'entrée et celle des coefficients est placée dans une mémoire unique qui est partitionnée en plusieurs parties possédant un nombre d'entrées-sorties limité, et des moyens sont prévus pour regrouper des parties de façon variable afin d'adapter de façon optimale la mémoire à des filtres différents.

[0007] L'idée de base de l'invention est donc de partager la mémoire entre les données et les coefficients en utilisant plusieurs mémoires, sans augmenter la taille de mémoire, ce qui permet, comme le montre un mode de mise en oeuvre décrit plus loin, d'utiliser par exemple seulement un port d'entrée et deux ports de sortie, de manière à avoir le maximum d'efficacité pour un coût plus réduit que celui d'une grande mémoire avec trois ports d'entrée et cinq ports de sortie. En effet, la surface d'une mémoire dépend beaucoup du nombre de ports.

[0008] Des modes particuliers de réalisation du circuit coprocesseur programmable apparaissent dans les revendications dépendantes 2 à 4.

[0009] Ces aspects de l'invention ainsi que d'autres aspects plus détaillés apparaîtront plus clairement grâce à la description suivante d'un mode de réalisation constituant un exemple non limitatif.

[0010] La figure 1 représente schématiquement un système de calcul de filtres comprenant plusieurs éléments processeurs de filtrage.

[0011] La figure 2 est un schéma plus détaillé d'un élément processeur de filtrage.

[0012] La figure 3 est un tableau des besoins en taille de mémoire, pour différents types de données, différents coefficients et différents types de filtres.

[0013] Les figures 4 et 5 illustrent chacune une variante d'organisation des mémoires dans un élément processeur de filtrage.

[0014] Le circuit CO-PR de la figure 1 est un coprocesseur associé avec un processeur hôte PR-H, et il communique avec lui via un bus à 32 bits, même lorsque le filtre numérique ne nécessite pas autant de bits en parallèle. Il comprend un bloc I/O qui synchronise les communications entre le processeur hôte et le coprocesseur, ainsi qu'un module de commande CONT qui enregistre les caractéristiques du filtre à réaliser et qui commande des éléments processeurs de filtrage FPE proprement dits. Plusieurs éléments processeurs de filtrage FPE sont prévus pour fournir la puissance de cal-

cul nécessaire, leur nombre sera appelé *nc*.

[0015] L'élément processeur de filtrage de la figure 2 comprend deux parties principales: une partie opératrice OP et une partie mémoire MAC. La partie opératrice contient des multiplieurs et additionneurs requis pour calculer les filtres et des circuits logiques utilisés pour mettre à jour les coefficients des filtres adaptatifs. La partie mémoire contient une mémoire *w-taps*, pour mémoriser tous les coefficients utilisés par les différents filtres multiplexés, une mémoire *x-data* pour mémoriser toutes les données d'entrée utilisées par les filtres, et une mémoire *y-data* pour mémoriser les résultats intermédiaires de plusieurs filtres. Les mémoires *y-data* sont particulièrement destinées au calcul avec multiplexage. L'entrée *w_in* sert à initialiser la mémoire *w-taps*.

[0016] Des données sont transmises par deux lignes unidirectionnelles entre les éléments processeurs de filtrage: une ligne "aller" *Data_inF/Data_outF* et une ligne "retour" *Data_inB/Data_outB*. La ligne aller transmet des données de la gauche vers la droite. La ligne retour transmet des données de la droite vers la gauche; cette ligne est utilisée seulement dans le cas de filtres symétriques. Les résultats sont transmis de la droite vers la gauche via les ports *y_in* et *y*.

[0017] Du fait qu'il y a plusieurs formats possibles pour les données, qu'une décimation peut être réalisée, et que les données peuvent être réelles ou complexes, un bloc de réorganisation de données REORG est prévu, muni de moyens pour recevoir des données d'entrée depuis la mémoire des données d'entrée *x-data*, pour les réorganiser et les fournir aux premier et second additionneurs, de façon à alimenter la partie opératrice avec des données adéquates. Des données *Xa* et *Xb* venant de la mémoire *x-data*, correspondant à celles transmises par la ligne aller, sont transformées en *X'a* et *X'b* par ce bloc de réorganisation.

[0018] La partie opératrice OP comprend deux additionneurs 1 et 2, chacun d'entre eux ayant sa sortie respectivement connectée à une entrée d'un multiplieur 3, 4 dont l'autre entrée reçoit, via une connexion 7, une valeur de coefficient depuis la mémoire des coefficients *w-taps*, et les sorties du premier et du second multiplieur sont connectées chacune à une entrée d'un additionneur/soustracteur 5 dont la sortie est connectée à une entrée d'un additionneur final 6, l'autre entrée de cet additionneur recevant, depuis les mémoires de résultats intermédiaires, le résultat *y(old)* obtenu au cycle précédent, et sa sortie délivrant le résultat de calcul "*y*" qui correspond au cycle courant. Ces deux additionneurs 1, 2, deux multiplieurs 3, 4 réalisent les accumulations et les multiplications requises pour le calcul de résultats intermédiaires. Chaque multiplieur 3, 4 de 32 bits de précision peut être utilisé comme deux multiplieurs 16 bits, de façon à pouvoir traiter une multiplication complexe à 16 bits tous les cycles, et chaque additionneur 1, 2 comprend deux additionneurs 16 bits. Des mots de 8 bits sont utilisables, chaque opérateur 16 bits pouvant être considéré comme deux opérateurs 8 bits. Ainsi un

élément processeur de filtrage peut traiter simultanément jusqu'à vingt quatre opérations 8 bits. Chaque opérateur peut être considéré comme quatre opérateurs 8 bits ou comme deux opérateurs 16 bits en parallèle. Les deux additionneurs 1, 2 sont utilisés quand un filtre est symétrique; ils sont court-circuités dans les autres cas. L'additionneur-soustracteur 5 est utilisé comme soustracteur lorsque cela est requis par une multiplication complexe, et comme additionneur dans les autres cas.

[0019] Un bloc de mise à jour UPD sert à adapter les coefficients dans le cas d'un filtre adaptatif. Il reçoit une donnée "*sgn_err*", qui est calculée par le processeur hôte dans le cas d'un filtre adaptatif, le signe *sgn* d'une donnée *Xa* et une valeur de coefficient *w_in* issue de la mémoire *w-taps*, via la connexion 7. Il délivre une valeur de coefficient *w_out* à mémoriser dans la mémoire des coefficients.

[0020] Les différents types de filtres calculés par des processeurs programmables ont des exigences différentes en termes de taille de mémoire pour stocker les données et les coefficients, si bien qu'ils peuvent difficilement utiliser de façon efficace leur mémoire pour tous les types de filtres. En supposant que les mémoires ont une dimension totale *2L*, les besoins en taille de mémoire, pour respectivement les données aller, les données retour, et les coefficients, sont indiqués par le tableau de la figure 3. En tête de colonne, les indications *FD*, *BD*, *T* désignent respectivement les données aller, les données retour et les coefficients; en début de ligne, l'indication "*R/C FIR*" désigne un filtre FIR avec des données et des coefficients de même type (complexes ou réels); l'indication "*R/C symetr*" désigne un filtre symétrique avec des données et des coefficients de même type (complexes ou réels); l'indication "*CD/RT FIR*" désigne un filtre FIR avec des données complexes et des coefficients réels et l'indication "*CD/RT symetr*" désigne un filtre symétrique avec des données complexes des coefficients réels. Les données retour ne sont utilisées que dans le cas de filtres symétriques. Les filtres usuels demandent le même montant de mémoire pour les données et pour les coefficients, cependant que les filtres symétriques utilisent deux données pour un coefficient. En outre, une donnée complexe demande deux fois plus de mémoire qu'une donnée réelle. Ainsi, pour les filtres présentés dans la table de la figure 3, la mémoire peut être considérée soit comme deux mémoires de taille identique dans le cas "*R/C FIR*", trois mémoires de taille identique dans le cas "*R/C symetr*", ou bien trois mémoires dont deux sont deux fois plus grandes que la troisième dans le cas "*CD/RT symetr*" et enfin deux mémoires dont l'une est deux fois plus grande que l'autre dans le cas des filtres "*CD/RT FIR*". Etant donné que 30 est le plus petit commun multiple entre 2, 3, et 5, on aura besoin de 30 mémoires de taille *L/15*, pour configurer de façon optimale la mémoire de données et de coefficients.

[0021] Une solution complète impliquerait donc 30

mémoires. En fait seulement six mémoires sont utilisées parce que toutes les mémoires qui stockent toujours le même type d'informations ont toujours le même comportement et sont regroupées ensemble. Ces six mémoires ont des dimensions différentes. Ceci est illustré par la figure 4. Le nombre de ports et le nombre de parties dépend des types de filtres supportés et du nombre de multiplieurs dans la partie opératrice.

[0022] L'algorithme suivant est utilisé pour regrouper les mémoires :

- étape 1 : constituer un ensemble de cases mémoires appelé segment, en considérant la valeur non nulle la plus petite parmi toutes les valeurs du tableau de la figure 3. Cette valeur correspond à la taille du segment.
- étape 2 : pour chaque type de filtre, déterminer si ce segment contiendra des données aller, des données retour ou des coefficients.
- soustraire la valeur trouvée à l'étape 1 de la plus petite valeur non nulle de chaque colonne.
- répéter les étapes 1 et 2 avec la nouvelle table créée, jusqu'à ce que toutes les valeurs soient nulles.

A l'étape 2, les branchements d'entrée des multiplexeurs sont obtenus. Ainsi, pour chaque type de filtre, chaque mémoire est utilisée par un seul type de données ou de coefficients ; toutes les mémoires qui contiennent le même type de données ou de coefficients peuvent être virtuellement concaténées pour obtenir une unique mémoire virtuelle, pour chaque type de données et coefficients. Les résultats fournis par cet algorithme sont mémorisés.

[0023] La génération des adresses pour les mémoires est faite comme si on avait une mémoire pour les données aller, une pour les données retour, et une pour les coefficients. La dimension de la mémoire pour les données retour est nulle si le filtre n'est pas symétrique. En utilisant ces adresses absolues, des adresses relatives peuvent être générées et les mémoires sont sélectionnées en réalisant des soustractions et des comparaisons.

[0024] Néanmoins, au prix d'une réduction de l'efficacité de la partition des mémoires, la réalisation peut être plus simple. Ceci est illustré par la figure 5. Parmi les six mémoires de taille $L/3$ de la figure 4, certaines sont toujours utilisées de la même façon ; elles sont regroupées ici et seulement quatre mémoires sont utilisées. Deux de ces quatre mémoires (RFw et RFx) contiennent $2L/3$ mots, et les deux autres (RFa et Rfb) contiennent $L/3$ mots. Dans le cas de filtres à réponse impulsionnelle finie adaptatifs ou à décimation, les coefficients sont placés dans Rfw et Rfa, et les données dans Rfx et Rfb. Dans le cas de filtres symétriques, ou à données complexes avec coefficients réels, les coefficients sont placés dans Rfw et les données dans Rfx, Rfa, et Rfb. Ainsi, des filtres symétriques avec un nombre $4L/3$ de

données peuvent aussi être réalisés en utilisant toute la capacité des mémoires. Une telle partition n'est toutefois pas optimale dans le cas "CD/RT symétr". Il est clair que d'autres partitions peuvent être imaginées pour d'autres types de filtres.

Revendications

1. Circuit coprocesseur programmable destiné à être associé à un processeur principal pour constituer un filtre numérique, circuit comprenant au moins un élément processeur de filtrage contenant de la mémoire pour des données d'entrée et pour des coefficients, au moins un additionneur et un multiplieur dont une entrée est connectée à une sortie de résultat de l'additionneur et une autre entrée est connectée à une sortie de lecture de la mémoire des coefficients, caractérisé en ce que la mémoire des données d'entrée et celle des coefficients est placée dans une mémoire unique qui est partitionnée en plusieurs parties et des moyens sont prévus pour regrouper des parties de façon variable afin d'adapter la mémoire à des filtres différents.
2. Circuit coprocesseur programmable selon la revendication 1, caractérisé en ce que, la dimension totale de la mémoire d'un élément processeur de filtrage étant $2L$, cette mémoire comprend six sous-mémoires de dimensions respectives $2L/5$, $4L/15$, $L/3$, $L/5$, $2L/15$, $2L/3$.
3. Circuit coprocesseur programmable selon la revendication 1, caractérisé en ce que, la dimension totale de la mémoire d'un élément processeur de filtrage étant $2L$, cette mémoire comprend quatre sous-mémoires de dimensions respectives $2L/3$, $L/3$, $L/3$, $2L/3$.
4. Circuit coprocesseur programmable selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens pour déterminer et mémoriser les limites hautes et basses des parties variables des mémoires de données et de coefficients.

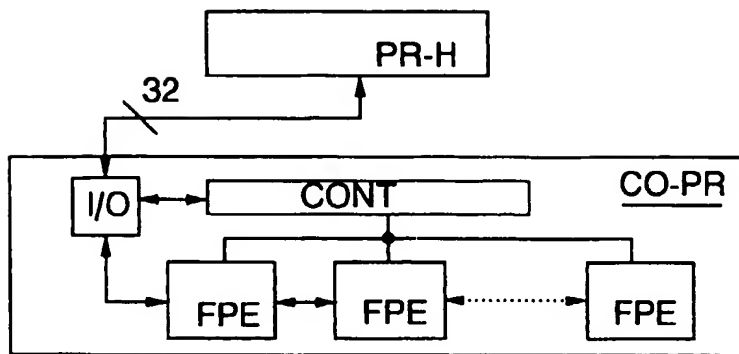


FIG. 1

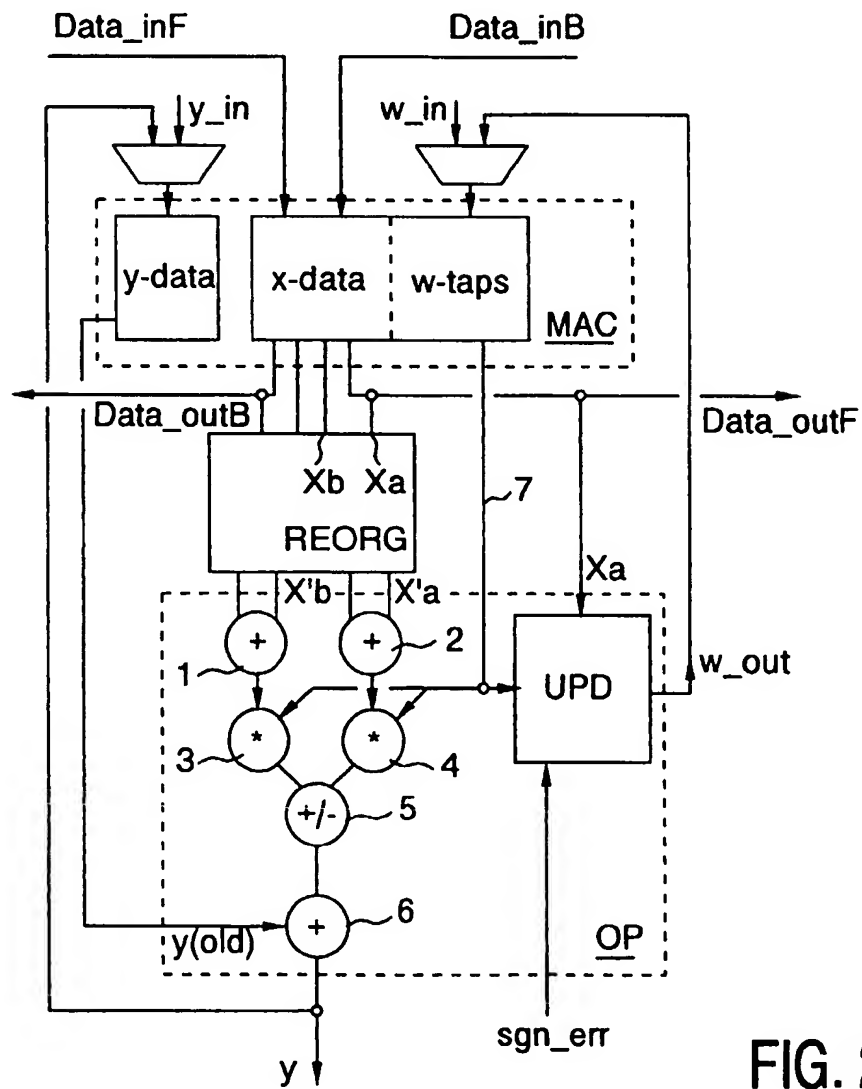


FIG. 2

	T	B D	F D
R / C FIR	$2 L \times 1/2$	0	$2 L \times 1/2$
R / C Symetr	$2 L \times 1/3$	$2 L \times 1/3$	$2 L \times 1/3$
CD / RT FIR	$2 L \times 1/3$	0	$2 L \times 2/3$
CD / RT Symetr	$2 L \times 1/5$	$2 L \times 2/5$	$2 L \times 2/5$

FIG. 3

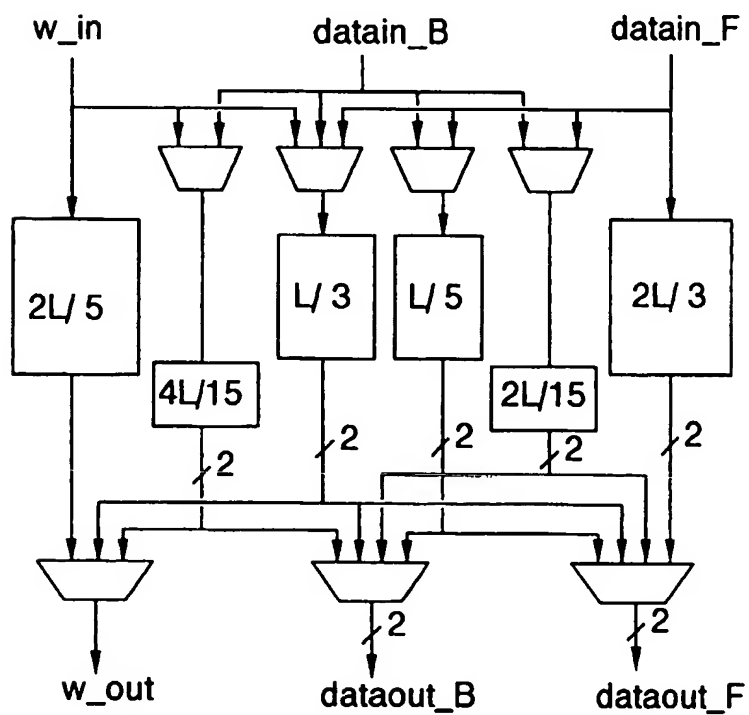


FIG. 4

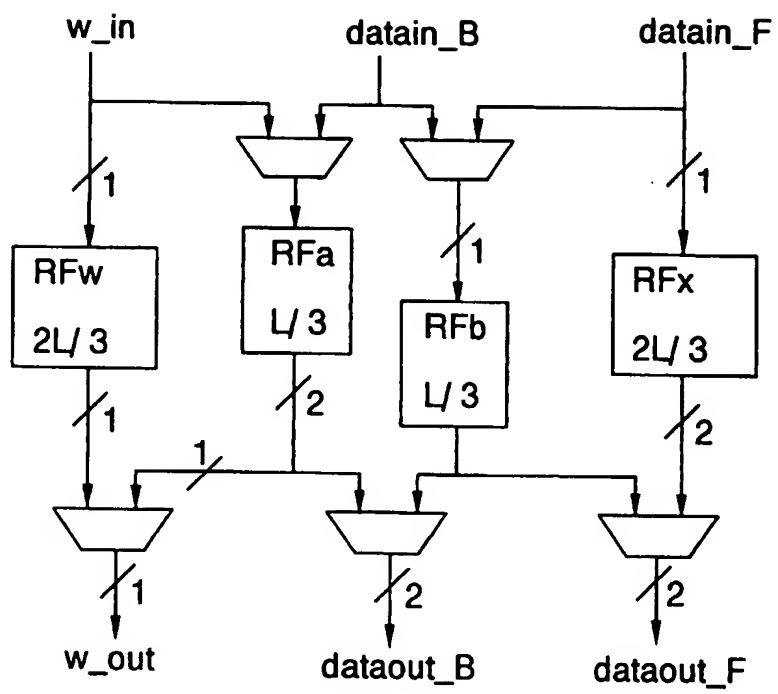


FIG. 5



Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 28 0615

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (InCL.6)
A	US 5 438 532 A (NAGAO FUMIAKI ET AL) 1 août 1995 * colonne 7, ligne 6 - colonne 9, ligne 50; figure 1 *	1	H03H17/02 H03H17/06
A	US 4 757 519 A (COLLISON ROBERT R ET AL) 12 juillet 1988 * le document en entier *	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (InCL.6)
			H03H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 18 juin 1999	Examineur Coppieters, C
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non écrite P : document intermédiaire			

EPO FORM 1503 03.92 (P04.02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 20 0615

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

18-06-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5438532 A	01-08-1995	JP 6216715 A	05-08-1994
		JP 6216716 A	05-08-1994
		JP 7131295 A	19-05-1995

US 4757519 A	12-07-1988	CA 1293778 A	31-12-1991
		DE 3889276 D	01-06-1994
		DE 3889276 T	17-11-1994
		EP 0310457 A	05-04-1989
		JP 1105647 A	24-04-1989

EPO FORM P4480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82